

NMÍ  
Verknúmer 6EM17020

# Áhættumat á notkun gervigrasvalla í Kópavogi

Guðjón Atli Auðunsson  
September 2017



Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands

# Áhættumat á notkun gervigrasvalla í Kópavogi

## Efnisyfirlit

<b>1. ÁGRIP</b> .....	<b>3</b>
<b>2. INNGANGUR</b> .....	<b>4</b>
<b>3. EFNIVIÐUR</b> .....	<b>4</b>
3.1 SÝNATAKA.....	4
3.2 EFNAGREININGAR .....	6
<b>4. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA</b> .....	<b>6</b>
4.1 SVIFRYK (PM <sub>10</sub> ) .....	6
4.2 EFNASAMSETNING KURLS. ....	6
4.2.1 Ólífræn snefilefni.....	6
4.2.2 PAH-efni .....	8
4.2.3 Ftalöt.....	9
4.3 LOSUN EFNA ÚR KURLI MEÐ MAGASÝRU- OG SVITALÍKI. ....	10
4.3.1 Útskolun ólífrænna snefilefna í magasýru .....	10
4.3.2 Útskolun ólífrænna snefilefna með svita .....	12
4.3.3 Útskolun PAH-efna í maga og með svita .....	14
4.4 SNEFILEFNI Í ANDRÚMSLOFTI.....	15
4.4.1 Ólífræn snefilefni.....	15
4.4.2 PAH-efni .....	16
4.5 EFNI SEM EKKI VORU TIL ATHUGUNAR Í ÞESSARI RANNSÓKN. ....	18
<b>5. NIÐURSTAÐA</b> .....	<b>18</b>
<b>6. HEIMILDIR</b> .....	<b>19</b>

# Áhættumat á notkun gervigrasvalla í Kópavogi.

## 1. Ágrip

Að ósk Kópavogsbæjar fór fram ítarleg rannsókn á áhættu við notkun gervigrasvalla, bæði valla utandyra og innanhúss. Þessi skýrsla gerir grein fyrir niðurstöðum þessarar rannsóknar.

Athugaðar voru þrjár hugsanlegar flutningsleiðir inn í líkamann: með lofti (innivellir), með svita og úr meltingarvegi. Niðurstöður rannsóknarinnar benda nokkuð eindregið til að lítil hætta sé á að varasöm efni berist í notendur núverandi gervigrasvalla í Kópavogi og valdi þeim tjóni á heilsu. Þetta er jafnframt niðurstaða mikils fjölda rannsókna á gervigrasvöllum með dekkjakurli og EPDM-gúmmí, sem höfundur hefur kynnt sér, og fram hafa farið á Norðurlöndum, Evrópu, Kanada og USA.

Nikkel virðist verða aðgengilegra úr kurlinu með magasýru eftir notkun á útivöllum. Heildarmagn blýs vex við notkun vallanna. Aðgengilegt blý með magasýru úr kurlinu notaðra valla virðist að hluta koma úr umhverfinu, þ.e. ekki eingöngu kurlinu sjálfu. Það telst hins vegar mjög ólíklegt að þessir tveir málmar hafi áhrif á íþróttaiðkendur m.a. vegna lítillar inntöku í maga og mjög lítils aðgengis um húð eftir útlosun þeirra úr kurlinu með svita.

Króm í svifryki Kórsins með húðað dekkjakurl reynist mjög hátt. Gera má ráð fyrir að það króm sem hér um ræðir sé fínt kurl og því fast bundið, þ.e. losnar óverulega með svita og lítið í magasýru

Óagnabundin PAH-efni eru mest aðgengileg líkamanum mælast þau léttari og hættuminni í lágum styrk í Kór og Fífu. Styrkur þeirra í andrúmslofti Fífu og Kórs er svipaður eða lægri en inni á heimilum í borgum víða í Bandaríkjunum. Þrátt fyrir allháan heildarstyrk þeirra í kurlinu þá losna aðeins þau léttari og hættuminni í svita og magasýru og þá að mjög óverulegu leyti. Mat á agnabundnum PAH-efnum gefur til kynna mjög lágan styrk, vel undir viðmiðunum fyrir andrúmsloft.

Ekkert hráefnanna inniheldur ftalöt utan hráefnisins fyrir Fagralund. Hins vegar er ekki að finna neitt ftalat í mælanlegum styrk á vellinum sjálfum í Fagralundi (þau flytjast auðveldlega með lofti). Allir vellir utan þess í Fagralundi innihalda DEHP í styrk hærri en lægsta viðmið fyrir jarðveg í Noregi sem bendir til að um loftborið DEHP sé að ræða. Athygli vekur mjög hár styrkur DINP í Fífunni (innivelli) og Kórnum (útivelli) sem bendir til að eldra hráefni fyrir þessa vellii hafi innihaldið þetta ftalat.

Munur reynist vera allnokkur á milli tegunda kurla en það kurl, sem sýnir minnst efnaálag allra þeirra efna sem hér voru til rannsókna, er EPDM-gúmmí sem notað er í Fífunni.

Niðurstöður rannsóknarinnar benda nokkuð eindregið til að lítil hætta sé á að hættuleg efni berist í notendur núverandi gervigrasvalla í Kópavogi með lofti, svita og hugsanlegri inntöku kurlisins. Þetta er jafnframt niðurstaða mikils fjölda rannsókna sem höfundur hefur kynnt sér og fram hafa farið á Norðurlöndum, ýmsum Evrópulöndum, Kanada og USA.

## 2. Inngangur

Að ósk Kópavogsbæjar fór fram ítarleg rannsókn á áhættu við notkun gervigrasvalla, bæði valla utandyra og innanhúss. Þessi skýrsla gerir grein fyrir niðurstöðum þessarar rannsóknar.

Átta vellir voru til athugunar, tveir innivellir (Fífan og Kórin), fjórir sparkvellir (Battavellir) (Kársnesskóli við Vallargerði, Smáravöllur, Lindaskóli, og Hörðuvallaskóli), og tveir útivellir (við Kórin og við Fífuna (Fagrilundur)). Athugaðar voru þrjár hugsanlegar flutningsleiðir inn í líkamann: með lofti (innivellir), með svita og úr meltingarvegi.

Kurlið á völlum var rannsakað, bæði af völlum sjálfum og fyrir notkun þess (hráefnin). Mæld voru ólífræn snefilefni, PAH-efni og ftalöt. Metið er magn ólífrænna snefilefna og PAH-efna sem gætu losnað úr kurlinu við ákomu á húð (útskolun í svita) og við inntöku (útskolun í meltingarvökva).

Andrúmsloft var rannsakað með tilliti til svifagna, PAH-efna á gasformi og ólífrænna snefilefna, sem bundin eru ögnum.

Efnin sem valin eru til rannsókna eru þau sem athygli hefur aðallega beinst að og rannsóknir víða um heim hafa einkum tekið til mats á hugsanlegu tjóni á heilsu íþróttaiðkenda.

## 3. Efniviður.

### 3.1 Sýnataka

Átta eftirtaldir vellir voru til rannsókna, tafla 1. Til samanburðar voru hráefnin rannsökuð. Sýnataka var í höndum Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis samkvæmt lýsingu Efnagreininga-deildar Nýsköpunarmiðstöðvar.

**Tafla 1 Sýnataka á kurli.**

Tegund	Staður/lýsing
Battavellir	A. Kársnesskóli við Vallargerði
Battavellir	B. Smáravöllur
Battavellir	C. Lindaskóli
Battavellir	D. Hörðuvallaskóli
Knatthús	E Fífan
Knatthús	F Kórin innivöllur
Útivellir	G Kórin útivöllur
Útivellir	H Fagrilundur
X	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.
XX	Efni fyrir Fífuna. Ljóst eða grátt efni, EPDM iðnaðargúmmí.
XXX	Efni fyrir Battavelli. Svart dekkjakurl.
XXXX	Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, - húðað dekkjakurl.

Sýni af völlum voru tekin eins á öllum völlum, 12 hlutasýni af hverjum velli, mynd 1, og útbúið eitt safnsýni af hverjum velli þar sem öll hlutasýni vógu jafnmikið í safnsýninu.

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Mynd 1 Sýnatökustöðvar hlutasýna af völlum átta.

Mældur var heildarstyrkur ólífræna snefilefna í kurlinu og heildarstyrkur PAH-efna og ftalata (mýkingarefni). Einnig var mældur styrkur efna sem losnar út með svita annars vegar og magasýru hins vegar.

Loftsýni voru tekin að nóttu (00:00-06:00) og á virkum dögum (08:00-22:00), fimm dagar hvert sýni. Loftsýnataka var í höndum Efnagreiningadeildar Nýsköpunarmiðstöð. Loft til mælinga á gaskenndum PAH-efnum fór fram með PUF-hylkjum (ORBO-2000) en sýnataka á agnabundnum efnum fór fram í PM<sub>10</sub> á 150 mm kvartfiltrum (QM-A, Whatman) og sýni ekin með DHA-80 (Digitel).

Sýnatökudagar lofts eru sýndir í töflu 2.

**Tafla 2** Dagsetningar á sýnatöku lofts

Staður	Nætur	Dagar
<b>Kór</b>	16/03/17-20/03/17	20/03/17-24/03/17
<b>Fífa</b>	27/03/17-31/03/17	03/04/17-07/04/17

Rúmmál sem tekin voru eru sýnd í töflu 3.

**Tafla 3** Rúmmál, rúmmetrar (umreiknaðir fyrir 1 atm og 20C), og hitastig við loftsýnatökur

	Nætur			Dagar		
	Loftkennd	Agnabundin	Hitastig, °C	Loftkennd	Agnabundin	Hitastig, °C
<b>Kór</b>	56,9	953,6	16,7	134,2	2246,6	16,6
<b>Fífa</b>	58,7	956,2	17,9	132,6	2238,9	20,8

Efnapættir til rannsókna: svifryk (PM<sub>10</sub>), PAH-efni, loftkennd og agnabundin, og þungmálmar (agnabundnir). Tjón varð á sendingu sýna til rannsóknastofu erlendis með UPS og glötuðust því miður sýni til mælinga á agnabundum PAH-efnum.

## 3.2 Efnagreiningar

Efnagreiningar á svifryki og ólífrænum snefilefnum fóru fram hjá Efnagreiningadeild Nýsköpunarmiðstöðvar (ICP-MS og ICP-OES) en mælingar á PAH-efnum og ftalötum fóru fram hjá Eurofins, Hamborg (GC-MS).

## 4. Niðurstöður og umræða

### 4.1 Svifryk (PM<sub>10</sub>)

Magn svifryks er að finna í töflu 4.

**Tafla 4 Svifryk (PM<sub>10</sub>) í íþróttahúsum**

PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Nætur	Dagar
Kór	9	18
Fífa	6	11

Sjá má að styrkur svifryks tvöfaldast á báðum stöðum að degi miðað við nótt en styrkur svifryks að nóttu er áþekkur því sem finna má utanhúss í andrúmslofti þéttbýlis á Íslandi (um 10 µg/m<sup>3</sup> eða á milli 5 og 15 µg/m<sup>3</sup>). Íþróttaiðkun þyrlar því upp svifryki. Kórinn er u.þ.b. tvöfalt hærri en Fífan, bæði að nóttu og að degi. Mörk fyrir svifryk eru 50 µg/m<sup>3</sup> utanhúss og er mældur styrkur því nokkuð undir mörkum að degi. Niðurstöður frá Osló, Noregi, sýna að styrkur svifryks innanhúss (skólar, leikskólar þ.m.t., og heimili), er á bilinu 3,8 og 63,5 µg/m<sup>3</sup> (meðaltal 21,1 µg/m<sup>3</sup>) (Dye *et al.* 2006). Styrkur í Kór og í Fífu er því undir meðaltali á þessum 14 stöðum í Osló. Í þremur íþróttahúsum í Osló sem notuðu dekkjakurl og gúmmilíki (elastomer; líkt eða eins og EPDM) reyndist PM<sub>10</sub> svifryk vera 30-40 µg/m<sup>3</sup> (Dye *et al.* 2006), umtalsvert hærra en mælist í Kór og Fífu.

### 4.2 Efnasamsetning kurla.

#### 4.2.1 Ólífræn snefilefni

Mæld voru eftirfarandi efni: króm (Cr), járn (Fe), kopar (Cu), sink (Zn), títan (Ti), mangan (Mn), nikkell (Ni), arsen (As), sirkon (Zr), baríum (Ba), blý (Pb), selen (Se), kadmíum (Cd), antímon (Sb), kvikasilfur (Hg) og brennisteinn (S). Niðurstöður eru birtar í töflu 5. Tafla 5 sýnir einnig lægstu umhverfismörk fyrir jarðveg í Noregi en undir þeim styrk er jarðvegur álitinn ósnortinn í Noregi (Statens forurensningstilsyn 2009).

Rannsóknir sýna að talsverður munur getur verið í samsetningu dekkjakurla á milli framleiðenda en einnig frá einum tíma til annars frá sama framleiðanda (Tekavec og Jakobsson 2012). Við skoðun á hráefnunum sjálfum má sjá að svart dekkjakurl sem notað er á Battavellina er almennt með minnst magn ólífrænna snefilefna að undanskildu mangani (Mn) en mangan auk járn (Fe) teljast ekki til

varasamra efna. Það efni sem sýnir mesta magn ólífrænu snefilefnanna er húðaða dekkjakurlið í Kórnum þar sem sérstaklega króm (Cr) og kopar (Cu) eru í áberandi háum styrk en einnig járn (Fe) og sink (Zn). Efnasamsetning sem sýnd er á hráefnum í töflu 5 er ekki óáþekkt því sem mælst hefur í hráefnum gervigrasvalla í Noregi og USA (Plesser og Lund 2004; Zhang *et al.* 2008) fyrir þau efni sem mæld voru í þessum erlendu rannsóknum að undanskildu umtalsvert meira magni af kopar (Cu) og sinki (Zn) í húðaða dekkjakurlinu í Kórnum og kopar (Cu) í svarta dekkjakurlinu í Fífunni.

Áhugavert er að skoða hvort og þá hvaða breytingar eiga sér stað við notkun á völlum. Í Fífunni breytist styrkur lítið við notkun á innivelli en króm (Cr) og titán (Ti) vaxa talsvert á útivellinum. Í Kórnum breytist styrkur óverulega við notkun á útivelli utan í titáni (Ti) en á innivelli vex styrkur titans (Ti), mangans (Mn), sirkons (Zr), baríums (Ba), blýs (Pb) og kadmíums (Cd). Á Battavöllum verður talsverð aukning á kopar (Cu), krómi (Cr), titáni (Ti), sirkoni (Zr), baríums (Ba) og blýi (Pb). Ástæða hækkunar á titáni á völlum má líklegast rekja til hvíttra merkinga á völlum en við þær er venjulega notast við hvítt titansamband (TiO<sub>2</sub>).

**Tafla 5 Ólífræn efni í kurlu. Magn hærra en lágsta umhverfisviðmið fyrir jarðveg í Noregi er skyggt með bleiku.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	Hg	S
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
<b>Sýni af völlum</b>																
Battavellir A. Kársneskóli við Vallargerði	3	850	9,0	5906	79	70,2	2,20	1,01	1,5	14,5	2,8	0,11	<0,2	0,28	<0,16	1,18
Battavellir B. Smáravöllur	5	1012	16,6	9770	241	37,0	2,88	1,00	3,1	36,9	8,7	0,36	0,6	0,17	<0,16	1,19
Battavellir C. Lindaskóli	19	1252	2,8	7514	203	25,4	1,63	1,01	11,6	135,9	8,7	1,53	<0,2	<0,07	<0,16	1,09
Battavellir D. Hörðuvallaskóli	13	1622	15,7	5626	200	34,7	2,79	1,14	8,3	67,7	12,0	1,46	0,3	0,08	<0,16	1,18
Knatthús E Fífan	27	924	37,3	7036	208	2,8	6,50	0,70	11,4	31,0	19,5	2,74	1,0	<0,07	<0,16	0,92
Knatthús F Kórinn innivöllur	6758	5394	630	113073	147	63,5	15,7	2,15	5,6	21,4	118,1	0,60	12,3	1,08	<0,16	1,95
Útivellir G Kórinn útvöllur	5665	8130	1042	142306	62	10,9	4,14	0,34	1,3	3,6	25,8	0,13	2,9	0,32	<0,16	2,23
Útivellir H Fagrilundur	15	1312	71,1	20698	72	8,2	2,90	1,12	1,5	7,0	28,8	0,19	2,5	0,72	<0,16	1,80
<b>Sýni af hráefnum</b>																
XXX Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.	1	220	<0,1	12100	6	28,0	1,65	0,35	0,4	3,2	0,8	<0,1	<0,2	0,23	<0,16	0,86
XX Efni fyrir Fífuna. EPDM.	36	849	2,6	5242	232	1,4	6,60	0,74	20,4	37,6	11,0	3,06	<0,2	<0,07	<0,16	0,69
XXXX Efni fyrir Kórinn, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	17834	3573	582	104694	14	5,4	3,93	0,49	0,9	2,3	24,6	<0,1	1,1	0,38	<0,16	1,75
X Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	1	498	89,2	22670	13	4,8	2,22	0,31	1,1	6,2	20,4	0,09	1,6	0,41	<0,16	1,93
Lægstu umhverfismörk fyrir jarðveg í Noregi	50	-	100	200	-	-	60	8	-	-	60	-	1,5	-	1	-

Ekki eru höfundir kunn staðlar eða viðmiðunarmörk fyrir gervigrasvelli. Nærtækast er að skoða viðmiðanir fyrir jarðveg en bæði Kanada og Noregur eru með viðmiðunarmörk fyrir ýmsa efnaþætti í jarðvegi. Viðmiðunarmörk fyrir ómengaðan jarðveg í Noregi er að finna í töflu 5 og má sjá að sink er í öllum tilvikum hærra en viðmiðunarmörkin, umtalsvert í tilviki húðaða dekkjakurlins í Kórnum. Sink er yfirleitt á bilinu 1-2 % af bíladekkjum, sem er sami styrkur og sjá má fyrir svarta dekkjakurlið á Battavöllum og í Fagralundi en húðaða dekkjakurlið í Kórnum er með u.þ.b. tífaldan þann styrk. Í Kórnum má einnig sjá að króm (Cr), kopar (Cu) og kadmíum (Cd) eru í hærri styrk en lágstu viðmiðunarmörk jarðvegs í Noregi. Blý (Pb) fer einnig yfir þessi mörk á innivelli Kórsins. Fagrilundur er ívið hærri í kadmíum (Cd) en lágsta viðmiðunin fyrir jarðveg segir til um.

Heildarstyrkur snefilefna getur því verið allhár í kurlinu sjálfu. Það sem segir þó helst til um áhættu af þessum efnum er hins vegar sá hluti varasömu efnanna sem losna við snertingu við húð eða eru tekin upp úr meltingarvegi eða lungum, sjá að neðan.

## 4.2.2 PAH-efni

PAH-efni eða fjölrhinga kolvatnsefni eða fjölrhinga vetniskolefni (PAH polyaromatic hydrocarbons eða polycyclic hydrocarbons) er að finna í þeim hráefnum sem notuð eru við framleiðslu bíldekkja eða svokallaðar HA-olíur (HA oil: highly aromatic oil). PAH-efni skipta hundruðum en oftast eru 16 efni mæld eða PAH-16 (stundum kölluð EPA-16). Benzo(a)pyren er talið það hættulegasta, krabbameinsvaldur, en blálituðu efnin í töflu 6 eiga það þó öll sammerkt að vera krabbameinsvaldar. Tafla 6 sýnir styrk PAH-efna í kurlinu. Ekki ósjaldan er gefin upp heildarsumma þessara 16 PAH-efna og svo benzo(a)pyren (hættumest) og hafa Norðmenn sett mörk á þessa tvo þætti í jarðvegi (SFT 2009). Tafla 6 sýnir styrk PAH-efna í kurlinu og eru lægstu umhverfisviðmið Norðmanna einnig sýnd í töflu 6.

**Tafla 6 PAH-efni í kurlu. Bleikskyggðar tölur sýna niðurstöður hærri en lægstu umhverfisviðmið fyrir jarðveg í Noregi.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

Sýni af völlum	Naphthalene µg/kg	Ace-naphthylene µg/kg	Ace-naphthene µg/kg	Fluorene µg/kg	Phenanthrene µg/kg	Anthracene µg/kg	Fluoranthene µg/kg	Pyrene µg/kg	Benzo(a)-anthracene µg/kg	Chrysene µg/kg	Benzo(b)fluoranthene µg/kg	Benzo(k)fluoranthene µg/kg	Benzo(a)pyrene µg/kg	Dibenz(a,h)anthracene µg/kg	Indeno(1,2,3-cd)pyrene µg/kg	Benzo(ghi)perylene µg/kg	Summa PAH-efna µg/kg
Battavellir A. Kársneskóli við Vallargerði	42,4	37	11,2	16,8	232	18,7	469	1870	65,2	159	199	29,3	155	11,1	126	1550	4990
Battavellir B. Smáravöllur	69,5	62,1	8,93	11,3	444	46,6	1590	5420	169	380	405	56,4	316	30,3	324	2480	11800
Battavellir C. Lindaskóli	9,11	< 1,99	10,7	6,68	97	< 5,33	48,9	218	16,3	123	121	12,9	38,2	< 5,4	< 10,5	1510	2210
Battavellir D. Hörðuvallaskóli	129	344	12,4	23,6	579	39,3	1710	7130	94,7	185	228	33,3	305	< 1,99	226	3500	14500
Knatthús E Fífan	92,2	229	203	332	3210	332	3660	9960	445	730	640	107	577	43,9	564	4130	25300
Knatthús F Kórin innivöllur	228	361	99,2	226	3180	273	6180	21900	396	807	828	112	784	21,2	579	5170	41200
Útivellir G Kórin útvöllur	210	269	52,8	106	2490	184	6320	21800	427	805	805	115	795	< 20,2	675	5600	40700
Útivellir H Fagrilundur	193	150	11,8	24,5	728	104	2780	9250	786	1380	1410	215	1100	68,2	1230	14300	33700
<b>Sýni af hráefnum</b>																	
XXX Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.	848	2910	38,8	87	1510	56,3	2920	12600	54,2	18,7	52,9	6,13	141	< 2,51	62,2	1070	22400
XX Efni fyrir Fífuna. EPDM.	169	7,58	22,9	64,8	116	3,54	11,1	76,1	< 5,04	17,8	5,92	< 3,62	22,5	< 18,5	< 25,1	94,4	612
XXXX Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	585	749	97,5	163	2760	195	5350	20500	289	376	354	50	546	< 20	414	4520	37000
X Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	738	905	186	322	4540	399	8640	28200	873	1750	1700	230	1440	101	1250	9770	61000

Lægstu umhverfismörk fyrir jarðveg í Noregi

100

2000

Styrkur PAH-efnanna, sem mælist hér í kurlu og EPDM, er ekki óáþekkur því sem rannsóknir í Noregi og USA hafa sýnt (Plessner og Lund 2004; Zhang *et al.* 2008).

EPDM-efnið í Fífundi hefur umtalsvert lægri styrk PAH-efna en dekkjakurlu á Battavöllum, í Kórnum og í Fagralundi. EPDM-efnið er jafnframt undir lægstu umhverfisviðmiðunarmörkum í Noregi en það á ekki við um neitt dekkjakurlu, sem eru umtalsvert hærri en lægsta viðmið fyrir jarðveg í Noregi, sérstaklega kurlu í Fagralundi. Fyrir hráefnin er kurlu fyrir Fagralund hæst og síðan kemur kurlu fyrir Kórin og að lokum kurlu fyrir Battavellina, lægst kurlu.

Styrkur PAH-efna á innivelli í Fífundi er talsvert hærri en í hráefninu sjálfu (EPDM) og kann hér að koma til fyrri notkun á dekkjakurlu þar. Á útivellinum í Fífundi (Fagrilundur) er styrkur PAH-efna nokkru lægri en í hráefninu en almennt má búast við slíkri hegðun á útivöllum (áhrif sólarljóss, - bæði hærri hiti og sundrun PAH-efna). Fyrir Kórin eru bæði úti- og innivöllur hins vegar áþekkir og hráefnið er varðar magn PAH-efna. Fyrir Battavellina eru léttari PAH-efnin (fyrstu átta efnin í töflu 6) lægri en hráefnið en þau þyngri (síðustu átta efnin í töflu 6 (blálituð)) eru í herra magni en hráefnið.

Eins og fyrir ólífrænu snefilefnin þá getur heildarstyrkur PAH-efna verið allhár í kurlinu sjálfu. Það sem segir þó helst til um áhættu af þessum efnun er hins vegar sá hluti varasömu efnanna sem losna við snertingu við húð eða eru tekin upp úr meltingarvegi eða lungum, sjá að neðan.

### 4.2.3 Ftalöt

Ftalöt eru múkingarefni sem notuð eru m.a. við framleiðslu bíldekkja. Þessi efni hafa fengið talsverða athygli því þau eru talin skaðleg heilsu manna (hórmónavirk) og hafa áhyggjur manna aðallega beinst að notkun þessara efna í leikföng ungbarna. Þau eru ekki fast bundin því plasti eða gúmmí sem þau voru notuð í og losna því auðveldlega út í umhverfið þar sem þau er víðast að finna og er flutningurinn aðallega í andrúmslofti. Mest notaða ftalatið er DEHP og hafa menn sett umhverfisviðmiðunarmörk á það í jarðvegi í Noregi sem bendiefni á önnur ftalöt (SFT 2009).

Tafla 7 sýnir styrk ftalata í kurlinu, bæði af völlum og í ónotuðum hráefnum.

**Tafla 7 Ftalöt í kurlu. Bleikskyggðar tölur sýna niðurstöður yfir greiningarmörkum mæliaðferðar.**

Styrkeining er mg/kg.

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Efni af völlum								Hráefni				Lægstu umhverfis- mörk fyrir jarðveg í Noregi
	A	B	C	D	E	F	G	H	XXX	XX	XXXX	X	
Disononylphthalate (DINP)	< 20	< 50	< 10	< 20	3000	180	820	< 50	< 50	< 50	< 100	160	
Dimethylphthalate	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Benzyl butyl phthalate (BBP)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Di-cyclohexyl phthalate	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Dipropylphthalate	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Diethyl phthalate (DEP)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Disodecylphthalate (DIDP)	< 20	< 50	< 10	< 20	< 20	< 30	< 50	< 50	< 50	< 50	< 100	120	
Diethylhexylphthalate (DEHP)	3,4	25	8,5	5,2	3	16	14	< 1	< 1	< 1	< 1	21	2,8
Di-n-octylphthalate (DNOP)	< 1	< 1	< 1	< 1	6,5	< 1	3,9	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Dibutyl phthalate (DBP)	< 1	< 1	1,8	< 1	< 1	1,4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,4	
Disopropylphthalat (DisopropP)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Dinonyl phthalate (DNP)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Di-heptyl phthalate	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Phthalic acid, bis-hexyl ester (DnHP)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Dipentylphthalate	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	

  

Sýni af völlum		Sýni af hráefnum	
Battavellir	A. Kársneskóli við Vallargerði	XXX	Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakuri.
Battavellir	B. Smírávöllur	XX	Efni fyrir Fífuna. EPDM.
Battavellir	C. Lindaskóli	XXXX	Efni fyrir Kórinn, bæði inni og úti, húðað dekkjakuri.
Battavellir	D. Hörðuvallaskóli	X	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakuri.
Knatthús	E Fífan		
Knatthús	F Kórinn innivöllur		
Útivelir	G Kórinn útvöllur		
Útivelir	H Fagrlundur		

Tafla 7 sýnir að ekkert hráefnanna inniheldur ftalöt utan hráefnisins fyrir Fagralund. Í Fagralundi er hráefnið með DEHP (21 mg/kg) nálægt tífoldu lægsta umhverfisviðmiði fyrir DEHP í jarðvegi í Noregi, 2,8 mg/kg (SFT 2009). Einnig inniheldur hráefnið fyrir Fagralund bæði DINP og DIDP í allháum styrk, 160 mg/kg og 120 mg/kg, en DBP í lægri styrk, 1,4 mg/kg. Hins vegar er ekki að finna neitt ftalat í mælanlegum styrk á völlum sjálfum í Fagralundi.

Allir vellir utan þess í Fagralundi innihalda DEHP í styrk hærri en lægsta viðmið fyrir jarðveg í Noregi. Kann hér að vera um loftborið DEHP að ræða. Athygli vekur mjög hár styrkur DINP í Fífundi (innivelli) eða 3000 mg/kg (0,3 %), en einnig í útivelli Kórsins (0,082 %) og innivelli Kórsins (0,018 %). Þessi há styrkur bendir til að eldra hráefni fyrir þessa velli hafi innihaldið DINP.

## 4.3 Losun efna úr kurli með magasýru- og svitalíki.

### 4.3.1 Útskolun ólífrænna snefilefna í magasýru

Tafla 8 sýnir hlutfallslega losun ólífrænna snefilefna í eftirlíkingu af magavökva. Kvikasilfur (Hg) er ekki með í töflunni þar sem styrkur þess mældist aldrei yfir greiningarmörkum, hvorki í kurlinu sjálfu né í útskolunarvökvanum (0,16 mg/kg).

**Tafla 8 Hundraðshluti ólífrænna snefilefna sem losna úr kurli í magavökva. Bleikskyggðar tölur sýna losun sem er meiri en 10 %.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

		Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	S
<b>Sýni af völlum</b>																
Battavellir	A. Kársneskóli við Vallargerði	2,4	6	<0,7	7,1	0,02	10	33	0,9	0,1	12	3	5,0	-	1,1	1,3
Battavellir	B. Smáravöllur	6,1	15	17	3,9	2,4	17	15	2,2	0,9	6	8	5,4	2	1,4	1,2
Battavellir	C. Lindaskóli	0,6	2	11	15	0,4	23	17	2,0	0,1	1	4	0,6	-	-	1,8
Battavellir	D. Hörðuvallaskóli	3,8	15	22	8,5	4,9	24	14	2,0	0,8	4	10	1,5	5	1,7	1,2
Knathús	E. Fífuna	0,6	14	0,5	12,7	0,6	121	3	3,4	0,6	3	8	0,2	5	-	0,6
Knathús	F. Kórin innivöllur	0,01	6	4	0,4	1,1	5	4	0,5	0,7	3	1	0,4	0,2	1,2	0,3
Útveilir	G. Kórin útveilir	0,02	6	4	0,3	32,5	58	20	4,8	5,9	48	25	12	14	2,5	0,1
Útveilir	H. Fagrilundur	9,0	26	14	1,2	15,3	106	26	9,0	2,9	32	18	18	6	2,4	0,1
<b>Sýni af hráefnum</b>																
xxx	Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.	3,2	5	-	5,6	<0,1	17	3	2,9	1,7	15	<3	-	-	0,6	2,2
xxxx	Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	0,003	9	9	0,4	2,1	58	9	0,7	4,3	5	3	>0,9	1	1,5	0,2
xx	Efni fyrir Fífuna. EPDM.	0,3	1	<2	49	0,1	43	1	0,5	0,1	5	-	0,1	-	-	3,0
x	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	23	50	17	6,0	4,7	53	9	4,9	4,5	13	15	2,4	5	17,0	1,5

Af töflu 8 má sjá að almennt losnar hlutfallslega lítið af snefilefnum úr hráefnum í maga að mangani (Mn) undanskildu en mangan er þó ekki skaðlegt heilsu. Athygli vekur að nikkeli (Ni) á greiðari leið í magavökva úr kurli af útveilum en úr hráefnum þeirra, mun miklu meira en af innivöllum í Fífu og Kór. Samkvæmt töflu 5 varð ekki breyting á heildarstyrks nikkels í kurlinu. Hér gæti komið til veðrun kurlisins, þ.e. sólarljós sundrar gúmmíi auk þess sem svart gúmmíið getur hitnað umtalsvert fyrir áhrif sólarljóss.

Önnur leið til að meta losunina er að reikna losaðan styrk á þurrefni kurlisins eins og venjan er við mat á úrgangi til urðunar. Tafla 9 sýnir niðurstöður útskolunarinnar á þann hátt. Í töflunni eru einnig lægstu mörk fyrir urðun úrgangs, þ.e. fyrir óvirkan úrgang (skv. reglugerð um urðun úrgangs 738/2003: „úrgangur sem breytist ekki verulega líf- efna- eða eðlisfræðilega og hefur ekki skaðleg áhrif á umhverfið, t.d. múrbrot, gler og uppmokstur“). Athygli er þó vakin á því að aðferðin við mat á úrgangi notast við hreint vatn við útskolunina en hér er notuð saltsýra sem nær umtalsvert meira út úr sýnunum en hreint vatn. Tafla 9 sýnir nokkur athyglisverð atriði.

Í fyrsta lagi sýna hráefnin fyrir Fífuna (EPDM) og Battavellina (svart dekkjakurl) litla losun á ólífrænum snefilefnum. Það gera hins vegar efnin sem notuð eru í Kórnum (króm og blý) og á Fagralund (kopar, blý, kadmíum og antímon).

Í öðru lagi vex útleysanlegt magn flestra efna við notkun vallanna utan sinks (Zn), sem lækkar í Fagralundi og Fífuna (innivelli), sirkons (Zr) og antímóns (Sb).

Í þriðja lagi verður talsverð aukning í útleysanlegu blýi (Pb) á öllum völlum sem helst í hendur við aukningu heildarmagns blýs í kurlinu (tafla 5) og sést það best á því að aukning er veruleg fyrir efnið

fyrir Battavellina og Fífuna (innivöll) sem gáfu hins vegar litla losun í hráefninu sjálfu. Kann hér að koma til áfall ryks úr umhverfinu en blý var notað í eldsneyti bíla fram á tíunda áratug. Rannsóknir sýna að ryk í þéttbýli, einkum nálægt umferðarpungum svæðum, sýna enn merki um þessa fyrri notkun á blýi.

Í fjórða lagi má sjá hækkun á útleysanlegum nikkel (Ni) sem virðist mega rekja til sundrunar gúmmis á útivöllum (sjá umræðu við töflu 8).

**Tafla 9 Ólífræn snefilefni sem losna í magasýru reiknuð á þurrefni kurla. Bleikskyggðar tölur sýna losun sem er meiri en lægstu losunarmörk fyrir urðun á úrgangi (óvirkum).**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	S	
	µg/kg	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	
<b>Sýni af völlum</b>																
Battavellir	A. Kársneskóli við Vallargerði	70	54	<60	417	19	7034	718	9	1	1734	82	6	8	3	154
Battavellir	B. Smáravöllur	282	149	2785	386	5840	6186	445	22	27	2031	693	19	10	2	141
Battavellir	C. Lindaskóli	122	28	294	1108	712	5804	284	20	14	1080	366	10	45	1	198
Battavellir	D. Hörðuvallaskóli	491	247	3372	479	9811	8149	386	22	68	2410	1148	22	14	1	143
Knatthús	E Fífan	172	133	172	894	1240	3355	187	23	69	850	1628	6	46	17	58
Knatthús	F Kórin innivöllur	625	306	27876	496	1642	3323	555	10	38	670	1466	3	24	13	60
Útivellir	G Kórin útivöllur	1083	527	38073	396	20294	6296	820	16	78	1724	6494	16	394	8	29
Útivellir	H Fagrlundur	1336	336	9863	238	10946	8716	767	100	43	2283	5203	34	157	17	17
<b>Sýni af hráefnum</b>																
XXX	Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.	30	12	<60	680	<3,8	4653	45	10	6	477	<24	4	<0,8	1	192
XX	Efni fyrir Fífuna. EPDM.	112	10	<60	2557	309	584	58	3	17	1714	<24	2	<0,8	<0,4	210
XXXX	Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	588	324	50261	434	288	3120	356	3	37	129	634	1	7	6	41
X	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	277	251	15052	1350	615	2519	208	15	50	810	3142	2	76	69	296
<b>Mörk fyrir óvirkan úrgang (Reg. 738/2003)</b>		<b>500</b>		<b>2000</b>	<b>4000</b>		<b>400</b>	<b>500</b>			<b>20000</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>333*</b>

\*Mörkin eru fyrir súlfat en eru umreiknuð hér og gert ráð fyrir að allur brennisteinn (S) sé á forni súlfats.

Að lokum má til mats á hugsanlegri áhættu fyrir notendur vallanna bera útlosun ólífrænu efnanna í magavökva saman við viðmiðanir og hámarksstyrk í drykkjarvatni (Reglugerð um drykkjarvatn 536/2001). Þetta er einungis gert hér til túlkunar og hliðsjónar, - kröfur til vatns eru aðrar en þær sem gerðar eru til þessara efna í t.d. matvælum. Ástæða þess að borið er saman við vatn er einnig sú að styrkur snefilefnanna er það lágur að drykkjarvatn er nærtækasti samanburðurinn. Einnig til viðmiðunar og túlkunar má nota mörk fyrir styrk ólífrænna snefilefna fyrir síuprófun á óvirkum úrgangi til urðunar (Reglugerð um urðun úrgangs 738/2003). Þess ber að geta að síuprófun fyrir úrgang til urðunar er með vatni, sem vænta má að losi umtalsvert minna magn en magasýra eins og hér er til skoðunar. Til að auka öryggi mats, þ.e. að íþróttaiðkandi njóti alls vafa, þá er við mat á inntöku kurla miðað við að íþróttaiðkandi geti innbyrt allt að einu grammi kurla á hverri æfingu (Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital 2006). Gera má ráð fyrir að einstaklingur fá í sig um 2 lítra (2 kg) af vatni á dag.

Tafla 10 sýnir styrk í magavökva við útskolunina auk hámarks- og viðmiðunargilda ólífrænu snefilefnanna í drykkjarvatni og fyrir síuprófun.

Við skoðun á töflu 10 sést eins og vænta mátti svipaða hegðun og í töflu 9. Er varðar nikkel (Ni) kemur EPDM-efnið best út og blý (Pb) vex við notkun allra vallanna.

**Tafla 10 Styrkur ólífrænna efna í magasýrulausn eftir skolon á kurlu. Bleikskyggðar tölur sýna niðurstöður sem eru hærrí en hámarksgildi í núverandi reglugerð um drykkjarvatn.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	Hg	S
	µg/L	mg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L
<b>Sýni af völlum</b>																
Battavellir A. Kársneskóli við Vallargerði	7	5	<6	42	2	703	72	0,9	0,1	173	8	0,6	0,8	0,3	<0,02	15
Battavellir B. Smáravöllur	28	15	278	39	584	619	45	2,2	2,7	203	69	1,9	1,0	0,2	<0,02	14
Battavellir C. Lindaskóli	12	3	29	111	71	580	28	2,0	1,4	108	37	1,0	4,5	0,1	<0,02	20
Battavellir D. Hörðuvallaskóli	49	25	337	48	981	815	39	2,2	6,8	241	115	2,2	1,4	0,1	<0,02	14
Knattús E Fífan	17	13	17	89	124	336	19	2,3	6,9	85	163	0,6	4,6	1,7	<0,02	6
Knattús F Kórin innivöllur	62	31	2788	50	164	332	55	1,0	3,8	67	147	0,3	2,4	1,3	<0,02	6
Útveilir G Kórin útveilir	108	53	3807	40	2029	630	82	1,6	7,8	172	649	1,6	39	0,8	<0,02	3
Útveilir H Fagralundur	134	34	986	24	1095	872	77	10	4,3	228	520	3,4	16	1,7	<0,02	2
<b>Sýni af hráefnum</b>																
XXX Efni fyrir Battavelli. Svart dekkjakurl.	3	1	<6	68	<0,4	465	5	1,0	0,6	48	<2,5	0,4	<0,08	0,1	<0,02	19
XX Efni fyrir Fífuna. EPDM.	11	1	<6	256	31	58	6	0,3	1,7	171	<2,5	0,2	<0,08	<0,04	<0,02	21
XXXX Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	59	32	5026	43	29	312	36	0,3	3,7	13	63	0,1	0,7	0,6	<0,02	4
X Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	28	25	1505	135	62	252	21	1,5	5,0	81	314	0,2	7,6	6,9	<0,02	30
Hámark fyrir drykkjarvatn (Reglug. 536/2001)	50		2000				20	10			10	10	5	5	1	
Bendiefni drykkjarvatn (Reglug. 536/2001)*		0,2				50										80**
DIN 18035-7:2014-10 (sigvatn af gervigrasvöllum)	50			500							25		5		1	
Gæðmörk fyrir grunnvatn, viðmið New York		300	200	2000		300				1000	25					
Hámark fyrir óvirkan úrgang (Reglug. 738/2003)	100		600	1,2			120	60		4000	150	40	20	100	2	500**

\*Bendiefni eru notuð til að meta hvort ástæða er til að skoða málin nánar.

\*\*Mörkin eru fyrir súlfat en eru hér umreiknuð í brennistein og gert ráð fyrir að allur brennisteinn (S) sé á formi súlfats.

**4.3.2 Útskolun ólífrænna snefilefna með svita**

Tafla 11 sýnir hundraðshluta ólífrænu snefilefnanna sem losna úr kurlinu með svita. Þegar þessar tölur eru bornar saman við samsvarandi tölur fyrir magasýru, töflu 8, þá má glögglega sjá að sviti losar umtalsvert minna af efnunum en magasýra. Munurinn er oftast af stærðargráðunni tífalt minna í svita en magasýru, títan (Ti) þó 50-falt minna, járn (Fe) um hundraðfalt minna og baríum (Ba) um þúsundfalt minna. Er varðar blý (Pb) og antímon (Sb) er um fimmfalt minna magn að ræða í svita en magasýru. Í tilviki sirkons (Zr) og brennisteins (S) er um áþekka losun að ræða í þessum tveimur vökvum, mjög lítil í báðum tilvikum. Aðeins í tilviki mangans (Mn) getur losunin verið meiri en 10 % (hráefnið fyrir Fagralund, Fífundi, og af innvellingum í Fífundi). Þessi litla hlutfallslega losun snefilefnanna í svita er af talsverðri þýðingu því ákoma efnanna er líklegri af húð íþróttaiðkenda en meltingarvegi.

**Tafla 11 Hundraðshluti ólífrænna snefilefna sem losna úr kurlu með svita. Bleikskyggðar tölur sýna losun sem er meiri en 10 %.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	Hg	S
<b>Sýni af völlum</b>																
Battavellir A. Kársneskóli við Vallargerði	0,08	0,01	0,23	0,56	0,07	0,50	0,93	0,18	0,43	0,01	<14	0,64	-	0,27	-	0,20
Battavellir B. Smáravöllur	0,10	0,03	0,47	0,17	0,04	0,63	0,57	0,34	1,73	0,004	<4,5	0,11	<70	0,33	-	0,28
Battavellir C. Lindaskóli	0,03	0,03	1,20	0,47	0,19	1,10	0,39	0,21	1,01	0,001	<4,5	<20	-	<100	-	-
Battavellir D. Hörðuvallaskóli	0,02	0,01	0,12	0,27	0,03	0,64	0,13	0,15	0,52	0,002	<3,3	0,04	<100	0,47	-	0,25
Knattús E Fífan	0,01	0,08	<3,5	1,14	0,03	11,1	0,06	0,26	0,10	0,001	<2	<11	<40	<100	-	1,12
Knattús F Kórin innivöllur	0,01	0,05	<0,01	0,05	0,03	0,86	0,41	0,05	0,05	0,003	<0,3	<50	0,01	0,31	-	0,28
Útveilir G Kórin útveilir	0,01	0,02	<0,01	0,06	0,27	2,34	0,58	0,15	0,37	0,03	<1,6	0,15	0,11	0,27	-	0,10
Útveilir H Fagralundur	0,10	0,06	0,19	0,31	0,26	5,73	0,57	0,30	0,43	0,04	<1,4	0,62	0,32	0,60	-	0,10
<b>Sýni af hráefnum</b>																
XXX Efni fyrir Battavelli. Svart dekkjakurl.	<20	0,00	-	0,12	0,04	0,73	<12	0,06	7,70	0,01	<50	-	-	0,10	-	0,49
XX Efni fyrir Fífuna. EPDM.	<0,6	<0,3	<50	2,51	0,01	5,03	<3	<13	0,01	0,003	<3,6	<10	-	-	-	2,57
XXXX Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	0,01	0,01	<0,2	0,02	<1,5	7,57	1,42	<20	2,26	0,01	<1,6	-	<37	0,02	-	0,21
X Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.	2,17	2,63	0,81	3,51	0,14	16,9	1,85	0,19	2,00	0,02	0,19	-	0,46	1,74	-	1,31

Tafla 12 sýnir á sama hátt og fyrir magasýru í töflu 9, magn ólífrænu snefilefnanna reiknuð á þurrefni kurla. Almennt er um lága styrki að ræða og fara þeir aldrei yfir þau mörk sem sett er á útskolun efnanna úr óvirkum úrgangi til urðunar (lægstu mörk fyrir urðun á efnivið sem ekki veldur umhverfinu skaða).

**Tafla 12 Ólífræn snefilefni sem losna í svita reiknuð á þurrefni kurla. Bleikskyggðar tölur sýna losun sem er meiri en lægstu losunarmörk fyrir urðun á úrgangi (óvirkum).**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	Hg	S	
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	
<b>Sýni af völlum</b>																	
Battavellir	A. Kársneskóli við Vallargerði	2,3	80	20,8	33,0	54,3	349	20,3	1,8	6,5	2,0	<0,4	0,7	<0,4	0,8	<0,16	23,7
Battavellir	B. Smárávöllur	4,8	315	77,8	16,2	88,6	232	16,5	3,4	53,9	1,6	<0,4	0,4	<0,4	0,6	<0,16	33,8
Battavellir	C. Lindaskóli	6,7	341	33,7	35,3	396,0	278	6,3	2,1	116,7	1,1	<0,4	<0,3	<0,4	0,2	<0,16	-
Battavellir	D. Höfðuvallaskóli	2,0	143	18,8	15,0	56,2	220	3,6	1,7	42,8	1,4	<0,4	0,6	<0,4	0,4	<0,16	29,2
Knatthús	E Filan	2,9	773	<1,3	80,3	58,9	306	4,0	1,8	10,9	0,4	<0,4	<0,3	<0,4	2,2	<0,16	104
Knatthús	F Kórinn innivöllur	32,4	2503	11,6	60,3	45,0	547	65,3	1,0	2,6	0,6	<0,4	<0,3	0,9	3,4	<0,16	54,5
Útveilir	G Kórinn útivöllur	19,5	1494	49,4	83,7	166,3	255	24,0	0,5	4,8	1,2	<0,4	0,2	3,3	0,9	<0,16	23,0
Útveilir	H Fagnilundur	15,3	746	132	64,1	189,9	471	16,4	3,3	6,3	2,5	<0,4	1,2	7,9	4,3	<0,16	18,0
<b>Sýni af hráefnum</b>																	
XXX	Efni fyrir Battavelli. Svart dekkjakurl.	<0,2	5	<1,3	14,9	2,4	204	<0,2	0,2	28,9	0,3	<0,4	<0,3	<0,4	0,2	<0,16	42,3
XX	Efni fyrir Filana. EPDM.	<0,2	<2,5	<1,3	131	13,5	68,9	<0,2	<0,1	2,9	1,3	<0,4	<0,3	<0,4	<0,05	<0,16	177
XXXX	Efni fyrir Kórinn, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	3,2	476	<1,3	19,2	<0,2	410	55,9	<0,1	19,4	0,2	<0,4	<0,3	<0,4	0,1	<0,16	36,6
X	Efni fyrir Fagnilund. Svart dekkjakurl.	26,1	13124	726	795	18,7	803	41,0	0,6	22,4	1,4	39,6	<0,3	7,3	7,1	<0,16	253
<b>Mörk fyrir óvirkan úrgang (Reg. 738/2003)</b>																	
		500		2000	4000		400	500		20000	500	100	40	60		333*	

\*Mörkin eru fyrir súlfat en eru umreiknuð hér og gert ráð fyrir að allur brennisteinn (S) sé á formi súlfats.

Tafla 13 gefur styrk ólífrænu snefilefnanna í svitanum sjálfum við útskolunina á kurlinu samanborin við hámarksstyrk efnanna í drykkjarvatni. Skemmst er frá því að segja að ekkert efnanna fer yfir þann hámarksstyrk sem settur hefur verið fyrir drykkjarvatn. Þessi lági styrkur snefilefnanna í svita er af talsverðri þýðingu því ákoma efnanna er líklegri af húð íþróttaiðkenda en meltingarvegi og reikna má með áþekkri losun í lungum.

**Tafla 13 Styrkur ólífrænna efna í svitalausn eftir skolun á kurlu. Bleikskyggðar tölur sýna niðurstöður sem eru hærra en hámarksgildi í núverandi reglugerð um drykkjarvatn (sem reyndist aldrei gerast).**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	Cr	Fe	Cu	Zn	Ti	Mn	Ni	As	Zr	Ba	Pb	Se	Cd	Sb	Hg	S	
	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	
<b>Sýni af völlum</b>																	
Battavellir	A. Kársneskóli við Vallargerði	0,23	8,0	2,08	3,30	5,43	34,9	2,03	0,18	0,65	0,20	<0,04	0,07	<0,04	0,08	<0,02	2,4
Battavellir	B. Smárávöllur	0,48	31,5	7,78	1,62	8,86	23,2	1,65	0,34	5,39	0,16	<0,04	0,04	<0,04	0,06	<0,02	3,4
Battavellir	C. Lindaskóli	0,67	34,1	3,37	3,53	39,6	27,8	0,63	0,21	11,67	0,11	<0,04	<0,03	<0,04	0,02	<0,02	-
Battavellir	D. Höfðuvallaskóli	0,20	14,3	1,88	1,50	5,62	22,0	0,36	0,17	4,28	0,14	<0,04	0,06	<0,04	0,04	<0,02	2,9
Knatthús	E Filan	0,29	77,3	<0,13	8,03	5,89	30,6	0,40	0,18	1,09	0,04	<0,04	<0,03	<0,04	0,22	<0,02	10,4
Knatthús	F Kórinn innivöllur	3,24	250	1,16	6,03	4,50	54,7	6,53	0,10	0,26	0,06	<0,04	<0,03	0,09	0,34	<0,02	5,5
Útveilir	G Kórinn útivöllur	1,95	149	4,94	8,37	16,6	25,5	2,40	0,05	0,48	0,12	<0,04	0,02	0,33	0,09	<0,02	2,3
Útveilir	H Fagnilundur	1,53	74,6	13,2	6,41	19,0	47,1	1,64	0,33	0,63	0,25	<0,04	0,12	0,79	0,43	<0,02	1,8
<b>Sýni af hráefnum</b>																	
XXX	Efni fyrir Battavelli. Svart dekkjakurl.	<0,03	0,55	<0,13	1,49	0,24	20,4	<0,02	0,02	2,89	0,03	<0,04	<0,03	<0,04	0,02	<0,02	4,2
XX	Efni fyrir Filana. EPDM.	<0,02	<0,25	<0,13	13,14	1,35	6,9	<0,02	<0,01	0,29	0,13	<0,04	<0,03	<0,04	<0,01	<0,02	17,7
XXXX	Efni fyrir Kórinn, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.	0,32	47,6	<0,13	1,92	<0,02	41,0	5,59	<0,01	1,94	0,02	<0,04	<0,03	<0,04	0,01	<0,02	3,7
X	Efni fyrir Fagnilund. Svart dekkjakurl.	2,61	1312	72,6	79,51	1,87	80,3	4,10	0,06	2,24	0,14	3,96	<0,03	0,73	0,71	<0,02	25,3
<b>Hámark fyrir drykkjarvatn (Reglug. 536/2001)</b>																	
	Bendiefni drykkjarvatn (Reglug. 536/2001)*	50	200	2000		50	20	10		10	10	5	5	1		80**	
<b>DIN 18035-7:2014-10 (sigvatn af gervigrasvöllum)</b>																	
		50		500						25		5		1			
<b>Gæðmörk fyrir grunnvatn, viðmið New York</b>																	
			300	200	2000	300				1000	25						
<b>Hámark fyrir óvirkan úrgang (Reglug. 738/2003)</b>																	
		100		600	1,2		120	60		4000	150	40	20	100	2	500**	

\*Bendiefni eru notuð til að meta hvort ástæða er til að skoða málin nánar.

\*\*Mörkin eru fyrir súlfat en eru hér umreiknuð í brennistein og gert ráð fyrir að allur brennisteinn (S) sé á formi súlfats.

### 4.3.3 Útskolun PAH-efna í maga og með svita

Tafla 14 sýnir hlutfallslega losun PAH-efna eftir útskolun með magasýrulíki. Vegna óhappa við flutning sýna var ekki unnt að mæla í annars vegar einu sýni af Battavelli (D frá Hörðuvallaskóla) og hins vegar af hráefninu, sem notað er á Fagralund. Þetta kemur að lítilli sök því mæliniðurstöður eru ákaflega lágar og reyndar í öllum tilvikum niður við lág greiningarmörk mæliaðferðarinnar.

Aðeins léttari PAH-efni mælast, fyrstu átta efnin í töflu 14, en í engu tilviki mældust skaðlegu efnin yfir greiningarmörkum en það eru átta neðstu efnin í töflu 14.

**Tafla 14 Hundraðshluti PAH-efna sem losna úr kurli með magasýru. Bleikskyggðar tölur sýna losun sem er mælanleg. E.M. : Ekki mælt.**

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	A	B	C	D	E	F	G	H	XXX	XX	XXXX	X
Naphthalene	<2	<1,2	<10	E.M.	<0,9	<0,4	<0,4	<0,5	0,13	<0,5	0,19	E.M.
Acenaphthylene	<0,3	<0,16	-	E.M.	<0,04	<0,03	<0,04	<0,07	0,005	<1,3	0,03	E.M.
Acenaphthene	<4	5,2	4,9	E.M.	0,25	<0,4	<0,8	<3,6	<1,1	<1,8	<0,4	E.M.
Fluorene	<0,6	<0,9	<1,5	E.M.	0,07	0,05	<0,09	0,53	<1	<0,15	<0,06	E.M.
Phenanthrene	<0,06	<0,03	<0,16	E.M.	0,02	0,01	0,01	0,10	<0,01	<0,13	0,01	E.M.
Anthracene	<0,5	<0,2	-	E.M.	<0,03	<0,04	<0,05	<0,1	<0,2	<2,8	<0,05	E.M.
Fluoranthene	<0,02	<0,008	<0,3	E.M.	0,004	0,002	<0,002	0,01	<0,004	<1,2	<0,002	E.M.
Pyrene	<0,005	<0,002	<0,05	E.M.	0,002	0,001	0,001	0,004	<0,008	0,15	0,001	E.M.
Benz(a)anthracene	<0,15	<0,06	<0,6	E.M.	<0,02	<0,03	<0,02	<0,01	<0,18	-	<0,03	E.M.
Chrysene	<0,06	<0,03	<0,08	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,007	<0,5	<0,6	<0,03	E.M.
Benzo(b)fluoranthene	<0,05	<0,02	<0,08	E.M.	<0,02	<0,01	<0,01	<0,007	<0,2	<1,7	<0,03	E.M.
Benzo(k)fluoranthene	<0,34	<0,18	<0,8	E.M.	<0,09	<0,09	<0,09	<0,05	<1,6	-	<0,2	E.M.
Benzo(a)pyrene	<0,06	<0,03	<0,3	E.M.	<0,02	<0,01	<0,01	<0,009	<0,07	<0,4	<0,02	E.M.
Dibenz(a,h)anthracene	<0,9	<0,3	-	E.M.	<0,2	<0,5	-	<0,14	-	-	-	E.M.
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0,08	<0,03	-	E.M.	<0,02	<0,02	<0,02	<0,008	<0,16	-	<0,02	E.M.
Benzo(ghi)perylene	<0,006	<0,004	<0,006	E.M.	<0,002	<0,002	<0,002	<0,0007	<0,009	<0,1	<0,002	E.M.
Summa 16 EPA-PAH utan LOQ	0,03	0,01	0,08	E.M.	0,01	0,005	0,004	0,01	0,01	0,24	0,01	E.M.
Summa 16 EPA-PAH með LOQ	0,06	0,02	0,13	E.M.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,42	0,01	E.M.

A	Battavelli A. Kársneskóli við Vallargerði
B	Battavelli B. Smáravöllur
C	Battavelli C. Lindaskóli
D	Battavelli D. Hörðuvallaskóli
E	Knatthús E Fífan
F	Knatthús F Kórinn innivöllur
G	Útivellir G Kórinn útvöllur
H	Útivellir H Fagralundur

XXX	Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.
XX	Efni fyrir Fífuna. EPDM.
XXXX	Efni fyrri Kórinn, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.
X	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.

Sýni til mælinga á PAH-efnum í svitalíki glötuðust flest við flutninga til Hamborgar en þegar unnt var að bera saman niðurstöður úr bæði magasýru og svita kom í ljós að umtalsvert minna var af efnunum í gervisvita en magasýru, eða um tífalt lægri. Hins vegar voru nær allar niðurstöður undir mjög lágum greiningarmörkum mæliaðferðarinnar. Niðurstöður fyrir magasýruna má því nota til að gefa hæsta mögulega styrk PAH-efna í svita en þannig fæst góð trygging fyrir því að matið gefi hámarksöryggi.

Tafla 15 sýnir styrk PAH-efna í magasýrunni borinn saman við mörk fyrir drykkjarvatn. Um mjög lága styrki er að ræða þegar niðurstaða er yfir greiningarmörkum og stenst magasýruútskolunin hámarksgildi fyrir drykkjarvatn. Með öryggi má segja að svitalíki gæfi enn lægri niðurstöður.

**Tafla 15 Styrkur PAH-efna í magasýrulausn eftir skolon á kurli. Bleikskyggðar tölur sýna niðurstöður sem eru yfir greiningarmörkum mæliaðferðarinnar. E.M. : Ekki mælt.**

Mælieining: µg/L.

Litir eru notaðir til að auðvelda samanburð á hráefnum og sýnum af völlum.

	A	B	C	D	E	F	G	H	XXX	XX	XXXX	X	Hámark drykkjarvatn*
Naphthalene	<0,0865	<0,0865	<0,0865	E.M.	<0,0865	<0,0865	<0,0865	<0,0865	0,112	<0,0865	0,113	E.M.	-
Acenaphthylene	<0,010	<0,010	<0,010	E.M.	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0142	<0,010	0,0232	E.M.	-
Acenaphthene	<0,0422	0,0463	0,0526	E.M.	0,0499	<0,0422	<0,0422	<0,0422	<0,0422	<0,0422	<0,0422	E.M.	-
Fluorene	0,0039	0,0037	0,0036	E.M.	0,0261	0,0144	0,0076	0,0155	0,0057	0,0027	0,0095	E.M.	-
Phenanthrene	<0,02	<0,02	<0,02	E.M.	0,0678	0,0472	0,028	0,0758	<0,02	<0,02	0,0266	E.M.	-
Anthracene	<0,010	<0,010	<0,010	E.M.	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	E.M.	-
Fluoranthene	<0,015	<0,015	<0,015	E.M.	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	E.M.	-
Pyrene	0,0031	0,0051	0,001	E.M.	0,0198	0,0222	0,0211	0,04	0,0118	0,0137	0,0148	E.M.	-
Benz(a)anthracene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Chrysene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Benzo(b)fluoranthene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Benzo(k)fluoranthene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Benzo(a)pyrene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	0,01
Dibenz(a,h)anthracene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Benzo(ghi)perylene	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	E.M.	-
Summa 16 EPA-PAH utan LOQ	0,007	0,055	0,057		0,164	0,084	0,057	0,131	0,144	0,016	0,187		-
Summa 16 EPA-PAH með LOQ/2	0,129	0,177	0,179		0,285	0,206	0,179	0,253	0,266	0,138	0,309		-
Summa fjögurra fyrir drykkjarvatn*	<0,04	<0,04	<0,04		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04		0,1

A	Battavelli A. Kársneskóli við Vallargerði
B	Battavelli B. Smáravöllur
C	Battavelli C. Lindaskóli
D	Battavelli D. Hörðuvallaskóli
E	Knatthús E Fifan
F	Knatthús F Kórin innivöllur
G	Útivelir G Kórin útivöllur
H	Útivelir H Fagrilundur

XXX	Efni fyrir Batta-velli. Svart dekkjakurl.
XX	Efni fyrir Fifuna. EPDM.
XXXX	Efni fyrir Kórin, bæði inni og úti, húðað dekkjakurl.
X	Efni fyrir Fagralund. Svart dekkjakurl.

\*Fyrir drykkjarvatn er hámark fyrir benzo(a)pyren og summu fjögurra efna: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren (Reglug. 536/2001)

## 4.4 Snefilefni í andrúmslofti.

### 4.4.1 Ólífræn snefilefni

Tafla 16 sýnir styrk ólífrænna snefilefna í loftsynum úr Fífunni og Kórnum.

Í loftsynunum var almennt lítill munur á Kórnum og Fífunni. Hér er þó sérstaklega króm (Cr) undanskilið en það var í umtalsvert hærri styrk í Kórnum miðað við Fifuna, sem endurspeglar talsvert hærri styrk króms í kurlinu úr Kórnum. Hækkun króms að degi miðað við nótt í Kórnum gefur til kynna að krómið sé einkum úr kurlinu en styrkur króms í svifrykinu er áþekkur styrknum í kurlinu sjálfu (sami styrkur í svifryki og í kurlu að degi en litlu hærri að nóttu). Blý (Pb) og antímon (Sb) voru hins vegar í hærri styrk í Fífunni en Kórnum (u.þ.b. tífalt að degi) en það endurspeglar ekki heildarstyrk í kurlinu sjálfu (kurlið er fimm- og tífalt herra fyrir blý og antímon í Kórnum en í Fífunni). Kann hér að koma til að Fifan er nærri þungri umferð en Kórin en blý var notað í eldsneyti bíla frá því á þriðja áratug fram á þann tíunda á síðustu öld og antímon tengist einnig bílaumferð. Rannsóknir sýna að ryk nálægt umferðarpungum svæðum bera enn merki um þessa fyrri notkun blýs. Sett hafa verið mörk á agnabundinn nikkell, arsen, kadmíum og blý í andrúmslofti og reynist styrkur í andrúmslofti Kórsins og Fífunnar vera 20-falt undir (nikkell, Ni), 50-falt undir (arsen, As), 200-falt undir (kadmíum, Cd) og 7-falt eða meira undir fyrir blý (Pb). Um heildarstyrk efna er að ræða fyrir þessi agnabundnu efni, ekki þann

styrk sem gæti losnað (og haft áhrif) í snertingu við líkamsvökva. Gera má ráð fyrir áþekkri upptöku ólífrænna snefilefna í lungum og sjá mátti fyrir svitalíki hér að ofan.

Brennisteinn (S) er ávallt um 1 % af svifrykinu í bæði Kór og Fífu eða helmingur þess sem var að finna í kurli Kórsins en svipað og sjá mátti í kurli Fífunnar. Þetta bendir til að svifrykið eigi að stórum hluta ættir að rekja til kurlisins en önnur frumefni sýna þó minni fylgni kurlis og ryks.

**Tafla 16 Styrkur ólífrænna snefilefna í svifryki (PM<sub>10</sub>) í Kór og Fífu**

	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Zr	Cd	Sb	Ba	Pb	S	Hg	PM <sub>10</sub>
	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Kór, nætur	7	129	<20	75	1	4	<155	0,06	0,11	<3	<0,02	<0,2	<120	0,3	95	<0,02	9
Kór, dagar	9	349	<10	184	0,6	7	151	0,05	0,08	<1	0,02	<0,1	<50	0,5	176	<0,005	18
Fífa, nætur	13	4	<20	147	<1	2	<154	0,07	0,06	<3	<0,02	5,7	<120	1,0	63	<0,02	6
Fífa, dagar	18	1	<10	182	1	4	50	0,09	0,06	<1	<0,02	2,1	<50	7,5	117	<0,005	11

Mörk, andrúmsloft\*

20

6

5

500

\*Reglugerð 410/2008 (Dir. 107/2004) fyrir As, Cd, og Ni en Dir. 30/1998 fyrir Pb.

Miðað við styrk snefilefna í miðbæ Stokkhólms sem dæmi um borgaryrk þá er styrkur í svifryki Fífu og Kórs lægri (As, Cd, Cu, Mn, Ni, Sb) eða svipaður (Pb, Zn) (Johansson *et al.* 2009). Styrkur króms (Cr) er lægri í Fífunni en í Stokkhólmi en styrkur króms í Kórnum er hins vegar meir en um tífalt hærra en í Stokkhólmi. Niðurstöður mælinga í tveimur skólastofum í Amsterdam sýna hærra niðurstöður en tafla 16 sýnir að krómi í Kór undanskildu (Ti, Pb, Cr, Zn, Cu, Mn, S, Fe og PM<sub>10</sub>) (Janssen *et al.* 1999). Höfundur hefur ekki tekist að finn jafnháar niðurstöður fyrir króm í andrúmslofti og hér um ræðir í Kórnum nema í Mexico borg 1996-1998 (Mugico *et al.* 2002) eða borg með þungaiðnaði í Póllandi (Pastuszka *et al.* 2010). Hér er vert að hafa í huga, sem áður hefur komið fram, að það króm sem hér um ræðir er fast bundið kurlinu og losnar óverulega með svita og þ.a.l. í lungum og lítið í magasýru.

Niðurstöðurnar fyrir króm í svifryki Kórs og Fífu auk annars samanburðar á EPDM-gúmmíi (í Fífu) og öðru kurli í þessari rannsókn, sérstaklega húðuðu dekkjakurli (í Kór), sýna að EPDM-gúmmíið gefur talsvert minna efnaálag en aðrar gerðir kurlis.

#### 4.4.2 PAH-efni

PAH-efnin, sem mæld voru, eru samtals 16. Þetta er sá efnaflokkur sem menn hafa haft mestar áhyggjur af varðandi notkun dekkjakurlis á íþróttavöllum. Skipta má þessum efnum í tvo flokka, létt og þung. Þau þungu geta verið skaðleg (krabbameinsvaldandi) og er eitt þeirra sýnu verst (benso(a)pyren) en hámarksgildi er til staðar fyrir agnabundið form þess (í PM<sub>10</sub>) í andrúmslofti, ekki önnur. Hins vegar eiga óagnabundin PAH-efni greiðari leið inn í líkamann en agnabundin. Mörk fyrir benso(a)pyren er 1 ng/m<sup>3</sup> í svifryki (PM<sub>10</sub>) (Reglugerð 410/2008 (Dir. 107/2004)). Til að gefa verstu sviðsmynd má gera ráð fyrir að svifrykið sé alfarið úr kurlinu, hæst 20 µg/m<sup>3</sup>, og nota hæsta gildi benso(a)pyren í kurlinu að ofan (1500 µg/kg) en fínt ryk og gróft af kurli hafa reynt gefa svipaðan styrk benso(a)pyren (Plessner og Lund 2004). Miðað við þessar forsendur yrði hámarksstyrkur benso(a)pyren í svifrykinu 0,03 ng/m<sup>3</sup>, sem er vel undir hámarksgildi fyrir andrúmsloft.

Aðeins létt PAH-efni mælast óbundin í andrúmslofti Kórsins og Fífunnar, sjá töflu 17. Ólíkt ólífrænu snefilefnunum í svifryki mælist styrkurinn hærra að nóttu en degi á báðum stöðum (30-40 %), sem bendir til að loftræsting að degi minnki styrk PAH-efna (en þessi léttari efni stíga upp af kurlinu). Fífan mælist nær því tvöfalt hærra en Kórinn (80 %), bæði að nóttu og degi. Þessi munur á Fífu og Kór

kemur ekki ólíklega til af því að umferðarþungi er meiri við Fífuna en Kórinn, en bruni eldsneytis (sérstaklega dísil) er þekkt uppspretta PAH-efna. Hér kann einnig að koma til eldri gerðir kurlis í Fífunni. Norskar rannsóknir á innivöllum með gervigrasi, bæði dekkjakurli og EPDM-gúmmí, sýna að summa PAH-efna í svifryki sé um tífalt lægri en styrkur óbundinna PAH-efna en að þau þyngri mælist frekar í svifrykinu en óbundin eins og vænta mátti (Plesser og Lund 2004).

Þess er að geta að sænsk rannsókn sem mat upptöku ípróttamanna á PAH-efnum við iðkun á útivöllum með gervigrasi með dekkjakurli (umbrotsefni PAH-efna í þvagi) sýndi enga marktæka aukningu við æfingar (Tekavec og Jakobsson 2012). Sama niðurstaða fékkst í Hollandi þar sem knattspyrnumenn voru í mikilli húðsnertingu við kurlið og kom þar í ljós að inntaka með matvælum gat haft meiri þýðingu (Rooij og Jongeneelen 2010). Rannsóknir á andrúmslofti á útivöllum á Ítalíu sýndi að styrkur PAH-efna auk bensens og tólúens (VOC-efni, sjá að neðan) var jafnhár á völlum og á viðmiðunarsvæði fjarri völlum (Schiliró *et al.* 2013)

**Tafla 17 Styrkur óagnabundinna PAH-efna í andrúmslofti Kórsins og Fífunnar**

	Kór, nætur (16/03-20/03)	Kór, dagar (20/03-24/03)	Fífan, nætur (27/03-31/03)	Fífan, dagar (03/04-07/04)
	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>
Naphthalene	7,5	1,9	7,3	2,3
Acenaphthylene	7,7	2,1	18,4	8,1
Acenaphthene	7,2	2,9	18,7	6,9
Fluorene	20,0	15,0	33,9	21,0
Phenanthrene	22,2	21,2	35,8	42,9
Anthracene	1,0	1,3	3,7	3,8
Fluoranthene	1,7	1,9	2,2	2,8
Pyrene	3,1	3,5	3,2	4,0
Benz(a)anthracene	<0,035	<0,015	<0,034	0,02
Chrysene	<0,035	0,023	<0,034	0,03
Benzo(b/j)fluoranthene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Benzo(k)fluoranthene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Benzo(a)pyrene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Dibenz(a,h)anthracene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Benzo(ghi)perylene	<0,035	<0,015	<0,034	<0,015
Summa 16 EPA-PAHs utan LOQ	70	50	123	92
Summa 16 EPA-PAHs imeð LOQ	71	50	123	92

Þess má geta að andrúmsloft á heimilum í USA er hærra en utandyra er varðar léttu PAH-efnin og að loft utandyra í þremur borgum vítt og breitt um Bandaríkin (Los Angeles (CA), Houston (TX) og Elizabeth (NJ)) er á svipuðum nótum er varðar létt og óagnabundin PAH-efni og sjá má í Kór og Fífu í þessari rannsókn (Naumova *et al.* 2002), tafla 17.

## 4.5 Efni sem ekki voru til athugunar í þessari rannsókn.

Önnur efni en þau sem rætt hefur verið um hér að ofan og varasöm geta talist hafa einnig verið til skoðunar í rannsóknum á gervigrasi en bíldekk innihalda mikinn fjölda efna. 40-60 % af dekki er gervigúmmí (SBR; styrene butadiene netja), 20-35 % eru styrktarefni s.s. kinrok (carbon black), 15- 20 % eru háarómatískar mýkingarolíur (extender oils), 4 % eru aukefni s.s. sinkoxíð (ZnO), benzothiazole og afleiður þess, 1 % eru andoxunarefni (t.d. ýmis alkýlfenól) og < 1 % hjálparefni s.s. mýkingarefni (plasticizers, t.d. ftalöt) og nítrósóamín (Wik og Dave 2009). Efnin flokksat sem rok gjörn lífræn efni, þ.e. eimast auðveldlega upp (VOC-efni (volatile organic compounds), t.d. MIBK, toluen, bensen, acetone, klóraðar litlar sameindir eins og tríklórómetan (klóroform) og *cis*-1,2-díklóróeten) og hálfrok gjörn lífræn efni, sem sitja fastar við kurlíð (SVOC (semi-volatile organic compounds), t.d. fenólefni, benzothiazole-efni, og ýmis nítrósóamín). Dæmi um alkýlfenól sem notuð eru við gúmmíframleiðsluna eru 4-*tert*-oktýlfenól og *iso*-nonýlfenól og eru þau í heildarstyrk hærri en lægstu umhverfisviðmið fyrir jarðveg í Noregi í dekkjakurlu en EPDM-gúmmí er meir en tífalt lægri styrk en dekkjagúmmí (Plessner og Lund 2004). PAH-efnin tilheyra SVOC. Fjöldi rannsókna sýna að þessir efnaflokkar hafa ekki reynst í þeim styrk í andrúmslofti að ástæða sé til að hafa áhyggjur af áhrifum á heilsu íþróttaiðkenda né vegna inntöku eða ákomu á húð.

## 5. Niðurstaða

Nikkel virðist verða aðgengilegra úr kurlinu með magasýru eftir notkun á útivöllum. Heildarmagn blýs vex við notkun vallanna. Aðgengilegt blý með magasýru úr kurlu notaðra valla virðist að hluta koma úr umhverfinu, þ.e. ekki eingöngu kurlinu sjálfu. Það telst hins vegar mjög ólíklegt að þessir tveir málmar hafi áhrif á íþróttaiðkendur m.a. vegna lítillar inntöku í maga og mjög lítils aðgengis um húð eftir útlosun þeirra úr kurlinu með svita.

Króm í svifryki Kórsins með húðað dekkjakurl reynist mjög hátt. Gera má ráð fyrir að það króm sem hér um ræðir sé fínt kurl og því fast bundið, þ.e. losnar óverulega með svita og lítið í magasýru

Óagnabundin PAH-efni eru mest aðgengileg líkamanum mælast þau léttari og hættuminni í lágum styrk í Kór og Fífu. Styrkur þeirra í andrúmslofti Fífu og Kórs er svipaður eða lægri en inni á heimilum í borgum víða í Bandaríkjunum. Þrátt fyrir allháan heildarstyrk þeirra í kurlinu þá losna aðeins þau léttari og hættuminni í svita og magasýru og þá að mjög óverulegu leyti. Mat á agnabundnum PAH-efnum gefur til kynna mjög lágan styrk, vel undir viðmiðunum fyrir andrúmsloft.

Ekkert hráefnanna inniheldur ftalöt utan hráefnisins fyrir Fagralund. Hins vegar er ekki að finna neitt ftalat í mælanlegum styrk á vellinum sjálfum í Fagralundi (þau flytjast auðveldlega með lofti). Allir vellir utan þess í Fagralundi innihalda DEHP í styrk hærri en lægsta viðmið fyrir jarðveg í Noregi sem bendir til að um loftborið DEHP sé að ræða. Athygli vekur mjög hár styrkur DINP í Fífunni (innivelli) og Kórnum (útivelli) sem bendir til að eldra hráefni fyrir þessa vellii hafi innihaldið þetta ftalat.

Munur reynist vera allnokkur á milli tegunda kurls en það kurl, sem sýnir minnst efnaálag allra þeirra efna sem hér voru til rannsókna, er EPDM-gúmmí sem notað er í Fífunni.

Niðurstöður rannsóknarinnar benda nokkuð eindregið til að lítil hættu sé á að hættuleg efni berist í notendur núverandi gervigrasvalla í Kópavogi með lofti, svita og hugsanlegri inntöku kurlsins. Þetta er jafnframt niðurstaða mikils fjölda rannsókna sem höfundur hefur kynnt sér og fram hafa farið á Norðurlöndum, ýmsum Evrópulöndum, Kanada og USA.

## 6. Heimildir

- Dye *et al.* 2006. Measurement of air pollution in indoor artificial turf halls. NILU OR 03/2006.
- Janssen *et al.* 1999. Mass concentration and elemental composition of PM<sub>10</sub> in classrooms. *Occup. Environ. Med.* 56: 482-487.
- Johansson *et al.* 2009. Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmos. Environ.* 43: 4681-4688.
- Mugico *et al.* 2002. Temporal and spatial variations of metal content in TSP and PM<sub>10</sub> in Mexico City during 1996–1998. *Aerosol Science* 33: 91–102
- Naumova *et al.* 2002. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the indoor and outdoor air of three cities in the U.S. *Environ. Sci. Technol.* 36: 2552-2559.
- Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital 2006. Artificial turf pitches – an assessment of the health risks for football players.
- Plesser og Lund 2004. Potentielle helse- og miljøeffekter tillknyttet kunstgresssystemer - slutrapport Norges byggforskningsinstitutt Byggforsk på oppdrag av Norges fotballforbund.
- Pastuszka *et al.* 2010. Characterization of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and associated heavy metals at the crossroads and urban background site in Zabrze, Upper Silesia, Poland, during the smog episodes. *Environ. Monit. Assess.* 168: 613–627.
- Rooij og Jongeneelen 2010. Hydroxypyrene in urine of football players after playing on artificial sports field with tire crumb infill. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 83:105–110.
- Schiliró *et al.* 2013. Artificial Turf Football Fields: Environmental and Mutagenicity Assessment. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 64:1–11
- Statens forurensningstilsyn 2009 (SFT 2009). Veileder. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. TA 2553.
- Tekavec og Jakobsson 2012. Är konstgräsplaner farliga? Rapport 2/2012. Arbets- och miljömedicin. Lund, Sverige.
- Wik og Dave 2009. Occurrence and effects of tire wear particles in the environment – A critical review and an initial risk assessment. *Environmental Pollution* 157: 1–11
- Zhang *et al.* 2008. Hazardous chemicals in synthetic turf materials and their bioaccessibility in digestive fluids. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 18: 600–607.